

Production et valeur alimentaire du maïs plante entière en Tunisie

M. Fraj, M. Lahmer, H. Abdouli

L'importance accordée aux productions animales en Tunisie met en relief le rôle capital que doit assurer la production fourragère dans ce pays. En effet, l'amélioration de la production animale est subordonnée en premier lieu à une alimentation rationnelle et équilibrée du cheptel. Par conséquent, toute amélioration de cette production passe nécessairement par une amélioration qualitative et quantitative des fourrages produits.

L'analyse de la situation actuelle de la production fourragère en Tunisie montre un déséquilibre entre les disponibilités et les besoins. Le déficit moyen enregistré au cours du VIème Plan a été d'environ 450 millions d'UF/an (VIème Plan, 1985). Un tel déséquilibre est préjudiciable à l'élevage national et ne peut permettre, s'il persiste, aucune intensification des productions animales. Pour remédier à ce déséquilibre, le VIIème Plan a insisté sur l'extension des surfaces fourragères irriguées mais n'a pas souligné la nécessité de les diversifier. En outre, on y prévoyait de recourir à des importations massives en maïs grain (tableau 1) et en tourteau de soja (102 000 t). Payé en devise, le maïs importé coûte cher et constitue

MOTS CLÉS

Cultivar, digestibilité, ensilage, maïs, stade de récolte, Tunisie, valeur alimentaire.

KEY-WORDS

Cultivar, cutting stage, digestibility, feeding value, forage maize, silage, Tunisia.

AUTEURS

Ecole Supérieure d'Agriculture de Mateur, 7030 Mateur, Tunisie.

| Année | 1987 | 1988 | 1989 | 1990 | 1991 | Total |
|---------------------|------|------|------|------|------|-------|
| Quantités prévues | 183 | 183 | 196 | 200 | 213 | 975 |
| Quantités importées | 190 | 201 | 251 | 224 | 225 | 1091 |

TABLEAU 1 : Importations de maïs grain par la Tunisie au cours du VII^e Plan (en 1 000 tonnes).

TABLE 1 : Maize grain imports by Tunisia during the VIIth plan (1 000 tons).

un lourd fardeau pour l'économie nationale. Le quintal de maïs a été payé à 9,628 dinars (moyenne des 5 ans du VII^e Plan) et l'importation annuelle de maïs a coûté en moyenne 21 millions de dinars (1,69 dinar tunisien = 10 F français).

Parallèlement à ce déséquilibre, le système fourrager tunisien est peu diversifié. Les fourrages secs sont constitués en quasi-totalité de foin de vesce-avoine (SEMADANI, 1976). Les rendements sont souvent faibles (3 t MS/ha) et de qualité médiocre (0,30 à 0,40 UF/kg MS ; THERIEZ, 1969 ; ABDOULI et KRAIEM, 1989). Parmi les graminées fourragères estivales, le maïs fourrager ensilé pourrait, pour diverses raisons, contribuer à l'amélioration quantitative et qualitative du bilan fourrager global.

Toutefois, une meilleure connaissance des potentialités fourragères des génotypes développés en Tunisie nous semble indispensable. C'est dans le cadre du programme d'amélioration et de développement de la culture du maïs en Tunisie que nous avons entrepris ce travail à l'Ecole Supérieure d'Agriculture de Mateur. Pour ce faire, dix génotypes de maïs de diverses origines ont été utilisés pour suivre l'évolution de la production de matière sèche et de la valeur fourragère de l'ensilage de maïs plante entière exploité à trois différents stades de coupe, afin de situer le stade optimum de coupe et de classer le matériel local par rapport à un matériel étranger amélioré.

Matériel et méthodes

1. Présentation de l'essai

L'essai a été installé dans la parcelle expérimentale de l'Ecole Supérieure d'Agriculture de Mateur. Cette région appartient à l'étage bioclimatique subhumide de Tunisie.

La pluviométrie moyenne annuelle calculée sur 80 ans est de 533 mm. Quoique la pluviométrie de l'année en cours (1991) ait été de 633 mm (supérieure à la moyenne), les précipitations printanières n'ont été que de 113 mm. Ainsi, et comme

d'habitude, à partir d'avril, la pluviométrie a été faible et a nécessité le recours aux irrigations pour réussir la culture du maïs.

La température était celle d'une saison normale : à partir de mi-février, elle est passée aux alentours de 15°C, devenant ainsi très favorable à un semis normal de maïs.

Un dispositif de blocs complets randomisés, avec quatre répétitions, a été utilisé. Chaque répétition comprend 10 géotypes ; le dispositif représente donc 40 parcelles élémentaires de 40 m² de surface chacune (8 m × 5 m). Les parcelles élémentaires sont constituées de 10 lignes de 5 m de long comprenant environ 32 plants. Le matériel végétal utilisé est présenté tableau 2.

| Géotype | Qualité | Origine |
|---|---------------------------|------------------|
| Grombalia Menzel Bouzelfa | Populations améliorées | Tunisie |
| Lignée 33 Lignée 60 | Lignées | Tunisie |
| FR-632 FR-MO 17 | Lignées | CIMMYT (Turquie) |
| TMP-1 TMP-2 K-Yildizi TTM 813-SC | Hybrides | CIMMYT (Turquie) |

TABLEAU 2 : Présentation des géotypes de maïs utilisés dans l'essai.

TABLE 2 : *Maize genotypes used in the trial.*

2. Installation et conduite des cultures

Le semis a eu lieu au mois de mars 1991 et a été effectué à la main, en poquet, à raison de 2 graines/poquet, et à une profondeur de 3 à 4 cm. La densité de semis est calculée pour obtenir un peuplement de 80 000 plants/ha (écartements de 15,6 cm sur la ligne et de 80 cm entre les lignes). Un éclaircissage a été effectué au stade 5 à 6 feuilles, de manière à ne laisser qu'un seul plant par poquet (le meilleur). Les soins culturaux apportés à l'essai se sont limités à 2 binages et désherbages. La fumure est exclusivement minérale : 200 kg/ha de superphosphate à 45 % et 100 kg/ha de sulfate de potasse comme fumure de fonds, 350 kg/ha d'ammonitrate à 33,5 % (soit 117 unités) comme fumure de couverture. Cette fertilisation a été

fractionnée en 3 apports de 117 kg/ha chacun appliqués successivement au semis, à la montaison et à l'apparition des panicules (FRAJ et JOUHRI, 1984).

Le mode d'irrigation adopté pour la culture du maïs est l'aspersion à partir de l'eau du Barrage Ghezala. La quantité totale d'eau apportée durant tout le cycle végétatif est d'environ 600 mm. La conduite de l'irrigation, adaptée aux exigences hydriques de la plante et à l'évapotranspiration (estimée à 5 mm/j environ), s'est déroulée comme suit :

- 5 tours d'eau du semis au stade 6 à 8 feuilles (55 mm/tour d'eau),
- 4 tours d'eau du stade 8 feuilles à la pollinisation (65 à 70 mm/tour d'eau),
- 2 tours d'eau du stade grain laiteux au stade grain pâteux (70 mm/tour d'eau).

3. Mesures effectuées

Compte tenu des objectifs à atteindre, nous avons effectué des coupes à 3 stades différents afin de déterminer la composition chimique et la digestibilité de l'ensilage de maïs plante entière. Les stades de coupe sont décrits tableau 3.

| Dénomination | Stades phénologiques | Description |
|--------------|----------------------------------|---|
| S1 | Floraison - fin floraison (mâle) | Correspond à la libération du pollen pour la floraison mâle et à la sortie des soies pour la floraison femelle. |
| S2 | Grain laiteux | Le grain a pris sa forme et ses dimensions définitives, il est jaune pâle et son contenu est laiteux. |
| S3 | Grain pâteux - dur | Le grain est jaune et commence à durcir. Il se raye encore à l'ongle, son humidité est comprise entre 45% et 50%. |

TABLEAU 3 : Description des stades de coupe observés dans l'essai.

TABLE 3 : Cutting stages chosen in the trial.

La production en vert a été déterminée sur les 56 plants de 2 lignes contiguës parmi les 6 lignes du milieu de la parcelle élémentaire, après avoir écarté les deux lignes bordant chaque parcelle et les deux plants de chaque extrémité de ligne afin de minimiser l'effet de bordure. Pour chaque stade de coupe, deux plantes (par génotype et par répétition) ont été prises au hasard et ramenées au laboratoire pour déterminer la teneur en matière sèche (MS). Ces plantes ont été hachées et soi-

gneusement mélangées. Ensuite, un échantillon aussi homogène que possible de 1 kg de matière verte du mélange a été prélevé et mis à l'étuve à 60°C jusqu'à poids constant. Les échantillons d'ensilage de maïs plante entière correspondant à chaque génotype et à chaque stade de coupe ont été analysés au laboratoire de l'Ecole Supérieure d'Agriculture de Mateur pour déterminer leurs teneurs en matière sèche, en cendres, en matières azotées et en constituants pariétaux : N.D.F, A.D.F, lignine, cellulose et hémicellulose par la méthode de GOERING et VAN SOEST (1970).

Nous avons en outre déterminé la digestibilité de la matière organique par la méthode de TILLEY et TERRY (1963) et par conséquent la valeur énergétique (UF/kg MS) par la formule de BREIREM (1954) cité par DEMARQUILLY (1969). Pour cela, deux moutons adultes fistulés et adaptés pendant deux semaines à un régime à base d'ensilage de maïs ont été utilisés afin d'y prélever le jus de rumen contenant les micro-organismes nécessaires à la digestibilité in vitro.

Résultats et discussion

1. Teneurs en matière sèche

| Stade de coupe | S1 | S2 | S3 | Moyenne |
|------------------------|--------------|--------------|--------------|----------------|
| Grombalia | 16,5 | 21,3 | 29,8 | 22,5 d |
| Menzel Bouzelfa | 22,4 | 28,5 | 36,7 | 29,2 c |
| Lignée 33 | 22,2 | 26,9 | 44,0 | 31,1 b |
| Lignée 60 | 22,9 | 31,1 | 39,7 | 31,3 b |
| FR-632 | 24,9 | 27,3 | 38,9 | 30,4 bc |
| FR-MO17 | 20,7 | 22,7 | 33,0 | 25,5 d |
| TMP-1 | 28,8 | 37,2 | 46,8 | 37,6 a |
| TMP-2 | 21,9 | 27,4 | 44,9 | 31,4 b |
| K-Yildizi | 20,6 | 25,8 | 38,1 | 28,2 c |
| TTM 813 | 24,3 | 29,7 | 46,5 | 33,5 ab |
| Moyenne | 22,5c | 27,8b | 39,9a | 30,0 |

TABLEAU 4 : Evolution de la teneur en matière sèche (%) des génotypes de maïs en fonction du stade de coupe (les moyennes par génotype ou par stade accompagnées de lettres différentes sont statistiquement différentes : $P < 0,05$).

TABLE 4 : Evolution of the dry matter contents (%) of maize genotypes at the various cutting stages (mean values per genotype or per cutting stage followed by different letters are statistically different : $P < 0,05$).

Le tableau 4 récapitule la teneur en matière sèche de la plante entière des différents génotypes étudiés. Cette teneur a augmenté régulièrement avec le stade de coupe. Elle est passée de 22,5 % en moyenne au stade floraison-fin floraison à 27,8 % au stade laiteux et à 39,9 % au stade pâteux dur. Nos résultats sont en accord avec les résultats de DEMARQUILLY (1969), COLOVOS et al. (1970), BLOC (1971), ANDRIEU et DEMARQUILLY (1974) et ANDRIEU et al. (1988) qui ont trouvé que cette teneur croît régulièrement jusqu'à la maturité des grains. Cette augmentation résulte surtout de l'accroissement de la teneur en matière sèche de l'épi (DEMARQUILLY, 1969) qui représente une part de plus en plus importante de la plante entière. En effet, le rapport épi/plante a varié de 38,6 % MS chez Grombalia au stade pâteux dur à 55,3 % chez TMP-1 (résultats non présentés).

La teneur moyenne de l'essai est de 30 % avec une variabilité très importante entre les génotypes. Le test de Duncan (5 %) a permis de montrer (tableau 4) que la teneur en MS des hybrides TMP-1 et TTM 813 est significativement plus élevée que chez les lignées FR-632 et FR-MO 17. Les lignées tunisiennes (lignée 33 et lignée 60) ont une teneur en matière sèche comparable à celles des hybrides TMP-2 et TTM 813 et de la lignée FR-632. Menzel Bouzelfa a la même teneur en matière sèche que K-Yildizi et FR-632. La teneur en matière sèche de Grombalia n'est pas significativement différente de celle de FR-MO 17.

2. Composition chimique

| | Matières azotées totales | | | Matières minérales | | | Phosphore | | | Matières grasses | | |
|------------------------|--------------------------|------|-----|--------------------|------|------|-----------|------|------|------------------|------|------|
| | S1 | S2 | S3 | S1 | S2 | S3 | S1 | S2 | S3 | S1 | S2 | S3 |
| Grombalia | 9,2 | 9,0 | 8,7 | 8,9 | 11,4 | 12,0 | 0,21 | - | 0,17 | 4,1 | 3,1 | 4,3 |
| Menzel Bouzelfa | 11,1 | 8,8 | 7,8 | 9,4 | 8,5 | 7,1 | 0,17 | 0,20 | 0,17 | 4,5 | 3,4 | 3,9 |
| Lignée 33 | 8,9 | 8,4 | 7,5 | 7,2 | 8,2 | 6,3 | 0,15 | 0,15 | 0,22 | 4,3 | 2,4 | 4,5 |
| Lignée 60 | 10,2 | 8,6 | 6,9 | 8,4 | 7,6 | 11,6 | 0,20 | 0,22 | 0,29 | 3,8 | 3,0 | 3,3 |
| FR-632 | 9,4 | 8,7 | 8,5 | 8,4 | 8,3 | 7,8 | 0,17 | 0,14 | 0,17 | 2,1 | 3,2 | 3,7 |
| FR-MO17 | 10,6 | 9,6 | 9,1 | 7,5 | 6,3 | 6,0 | 0,07 | 0,16 | 0,24 | 2,2 | 1,7 | 3,4 |
| TMP-1 | 10,4 | 10,2 | 8,6 | 6,2 | 5,3 | 4,6 | 0,11 | 0,18 | 0,22 | 3,2 | 3,3 | - |
| TMP-2 | 8,8 | 8,4 | 8,8 | 7,8 | 6,5 | 5,3 | 0,22 | 0,16 | 0,20 | 3,4 | 2,4 | 4,9 |
| K-Yildizi | 9,8 | 8,2 | 7,9 | 8,4 | 10,1 | 6,9 | 0,14 | 0,17 | 0,19 | 2,8 | 3,0 | 3,0 |
| TTM-813 | 9,8 | 9,2 | 8,3 | 7,8 | 6,1 | 3,7 | 0,19 | 0,09 | 0,19 | 3,2 | 3,5 | 4,4 |
| Moyenne | 9,8 | 8,9 | 8,1 | 8,0 | 7,8 | 7,1 | 0,16 | 0,16 | 0,21 | 3,36 | 2,90 | 3,93 |

TABLEAU 5 : Evolution des teneurs en matières azotées, matières minérales, phosphore et matières grasses (en % de MS) de l'ensilage de maïs plante entière en fonction de trois stades de coupe.

TABLE 5 : Crude protein, mineral, phosphorus, and fat contents (% DM) of whole plant maize silage for three different cutting stages.

Les teneurs en cendre et en matières azotées exprimées en % de la MS (tableau 5) diminuent légèrement au fur et à mesure que la teneur en MS augmente. En revanche, la teneur en matières grasses (exprimée elle aussi en % de la MS) est restée pratiquement la même.

Bien que la teneur en cendres soit en moyenne de 7,7 % de la MS, nous constatons que le maïs est particulièrement pauvre en phosphore (0,16 à 0,20 % de la MS) et présente une faible teneur en matières azotées. Les génotypes étudiés ont une teneur de l'ordre de 94 g MAT/kg MS et, à partir du stade laiteux, cette teneur faible est restée pratiquement constante (de l'ordre de 8,5 %).

3. Teneur en cellulose et digestibilité

| | Teneur en cellulose brute | | | | Digestibilité de la matière organique | | | |
|------------------------|---------------------------|--------------|--------------|---------------|---------------------------------------|--------------|--------------|---------------|
| | S1 | S2 | S3 | Moyenne | S1 | S2 | S3 | Moyenne |
| Grombalia | 26,0 | 25,5 | 20,3 | 23,9a | 64,9 | 67,8 | 73,1 | 68,6d |
| Menzel Bouzelfa | 26,2 | 21,7 | 17,7 | 21,9a | 62,7 | 74,2 | 78,3 | 71,7c |
| Lignée 33 | 24,1 | 18,2 | 17,5 | 19,9bc | 64,7 | 71,7 | 76,2 | 70,9cd |
| Lignée 60 | 25,3 | 18,8 | 12,7 | 18,9c | 68,3 | 77,6 | 79,2 | 75,0a |
| FR-632 | 24,1 | 22,1 | 21,3 | 22,5a | 69,8 | 76,8 | 77,1 | 74,6ab |
| FR-MO17 | 24,7 | 19,6 | 19,5 | 21,3ab | 66,6 | 77,3 | 78,4 | 74,1ab |
| TMP-1 | 23,6 | 14,0 | 12,0 | 16,5c | 67,8 | 80,5 | 81,7 | 76,6a |
| TMP-2 | 24,6 | 21,3 | 19,4 | 21,8a | 65,9 | 76,9 | 77,7 | 73,5ab |
| K-Yildizi | 24,4 | 19,6 | 19,0 | 21,0ab | 66,3 | 75,5 | 75,5 | 72,4bc |
| TTM-813 | 23,6 | 22,5 | 19,7 | 21,9a | 69,0 | 76,7 | 76,8 | 74,1ab |
| Moyenne | 24,7a | 20,3b | 17,9c | | 66,6b | 75,5a | 77,4a | |

TABLEAU 6 : Evolution de la teneur en cellulose brute (en % de MS) et de la digestibilité de la matière organique du maïs ensilé plante entière en fonction du stade de coupe (les moyennes par génotype ou par stade accompagnées de lettres différentes sont statistiquement différentes : $P < 0,05$, test de Duncan).

TABLE 6 : *Crude fibre contents (% DM) and organic matter digestibilities of whole-plant maize silage for different cutting stages (mean values per genotype or per cutting stage followed by different letters are statistically different according to Duncan's test : $P < 0,05$).*

A partir de la floraison, la teneur en cellulose brute (tableau 6) diminue d'une manière significative ($P < 0,05$) passant en moyenne de 24,7 % MS au stade floraison-fin floraison puis à 20,3 % MS au stade laiteux et à 17,9 % au stade pâteux. A ce sujet JOHNSON et al. (1968) ont constaté une baisse significative de la teneur

en cellulose brute au fur et à mesure que le maïs approche de sa maturité. Une diminution de cette teneur a été également rapportée par COLOVOS et al. (1970), ANDRIEU et DEMARQUILLY (1974), ANDRIEU et al. (1988).

Quoique les génotypes présentent des différences significatives quant à la teneur en cellulose brute ($P < 0,05$), ces différences ne sont pas très nettes. Le test de Duncan (5%) a permis de faire le classement comme indiqué tableau 6. Grombalia vient à la tête d'un groupe de sept génotypes (FR-632, TTM 813, Menzel Bouzelfa, TMP-2, FR-MO 17, K-Yildizi) qui sont relativement riches en cellulose brute. La lignée 33 et la lignée FR-MO 17 ont la même teneur que K-Yildizi. Un troisième groupe, constitué de la lignée 33, la lignée 60 et TMP-1, présente les teneurs les plus faibles et occupe la fin de la liste.

Pour les échantillons que nous avons étudiés et qui proviennent de génotypes différents, nous constatons (tableau 6) une augmentation significative ($P < 0,05$) de la digestibilité de la matière organique qui a varié de 66,6% en moyenne à 77,5% lorsque la teneur en cellulose brute est passée de 24,7% au stade floraison-fin floraison à 17,9% au stade pâteux. COTYN et al. (1974) affirment que la digestibilité de la matière organique d'un génotype déterminé serait constante du stade laitieux au stade pâteux. ANDRIEU et DEMARQUILLY (1974) rapportent (pour 62 échantillons de maïs fourrager) une digestibilité moyenne de la matière organique de 71,7%. Cette valeur est comparable à celle que nous avons obtenue (73,0%) pour nos génotypes récoltés à des stades allant de la floraison-fin floraison au stade pâteux dur. Se basant sur les résultats de 18 essais de digestion avec des ensilages de maïs récoltés en Allemagne, GROSS (1972, cité par COTYN et al., 1974) a conclu que la digestibilité augmente au fur et à mesure que la teneur en cellulose brute diminue. Nos résultats confirment bien cette constatation, mais nous avons observé une variabilité assez importante entre les génotypes étudiés (valeurs moyennes allant de 68,6 à 76,6). Cette variabilité nous semble très normale puisque le matériel végétal utilisé lui-même n'est pas génétiquement homogène.

Le test de Duncan (5%) permet de montrer que les ensilages des génotypes TMP-1, lignée 60, TTM 813, FR-632, FR-MO 17 et TMP-2 sont significativement plus digestibles que ceux des génotypes K-Yildizi, Menzel Bouzelfa, la lignée 33 et Grombalia. Cette variabilité de la digestibilité est surtout due à une différence dans la teneur en cellulose des génotypes en question (ABDOULI et al., 1991). La régression suivante, obtenue d'après les résultats de cet essai, montre le lien étroit qui existe entre d'une part la digestibilité de la matière organique (DMO) et d'autre part la teneur de l'ensilage de maïs en cellulose brute (CB) et son stade de coupe (S, qui prend les valeurs 1, 2 ou 3) :

$$\text{DMO} = 83,76 + 2,81 S - 0,77 \text{ CB} \quad (R^2 = 0,80 ; \text{PS} < 0,05 ; \text{PCB} < 0,05)$$

Cette régression indique clairement qu'au stade S3 l'ensilage serait significati-

vement plus digestible qu'à S1. Ainsi, pour une meilleure exploitation du maïs ensilage, il vaudrait mieux récolter la plante entière au stade pâteux dur pour en faire un ensilage de très bonne qualité.

4. Valeur énergétique

La valeur énergétique exprimée en UF/kg MS pour les différents géotypes de maïs (tableau 7) a été estimée à partir des teneurs en matière organique digestible (MOD) et en matière organique non digestible (MOND) exprimées en g/kg MS par la formule de BREIREM (1954).

| | Valeur énergétique | | | |
|------------------------|--------------------|--------------|--------------|--------------|
| | S1 | S2 | S3 | Moyenne |
| Grombalia | 0,61 | 0,65 | 0,75 | 0,67d |
| Menzel Bouzelfa | 0,57 | 0,77 | 0,91 | 0,75c |
| Lignée 33 | 0,60 | 0,73 | 0,85 | 0,73c |
| Lignée 60 | 0,69 | 0,87 | 0,92 | 0,83b |
| FR-632 | 0,71 | 0,85 | 0,86 | 0,80b |
| FR-MO17 | 0,66 | 0,90 | 0,88 | 0,81b |
| TMP-1 | 0,71 | 0,95 | 0,99 | 0,88a |
| TMP-2 | 0,64 | 0,87 | 0,90 | 0,80b |
| K-Yildizi | 0,64 | 0,81 | 0,81 | 0,75c |
| TTM-813 | 0,70 | 0,87 | 0,89 | 0,82b |
| Moyenne | 0,65c | 0,83b | 0,88a | |

TABLEAU 7 : Evolution de la valeur énergétique (UF/kg MS) du maïs ensilé plante entière en fonction du stade de coupe.

TABLE 7 : Energy values (F.U. per kg DM) of whole-plant maize silage for various cutting stages.

Des différences significatives de la valeur énergétique ($P < 0,05$) sont observées entre les géotypes étudiés. La teneur en UF/kg MS du géotype TMP-1 est la plus élevée (0,88). Grombalia est classée la dernière avec une teneur (0,67 UF/kg MS) significativement plus faible que celles de tous les autres géotypes ($P < 0,05$). Les différences sont liées vraisemblablement à des teneurs différentes en épi. En effet, l'hybride TMP-1 s'est distingué par la possession de deux bons épis par plant, alors que Grombalia (population locale) est caractérisé par des plants de grande tailles (la hauteur moyenne de la plante est de 2,9 m), feuillus et à très grosses tiges (le diamètre moyen de la tige jusqu'à une hauteur de 1,5 m est de 4,3 cm)

et possède en général trois petits épis. Le test Duncan (5%) a permis de classer les différents géotypes en fonction de leurs teneurs moyennes en UF/kg MS comme indiqué tableau 7.

Tout comme pour la digestibilité, nous constatons une augmentation significative ($P < 0,05$) de la valeur énergétique de l'ensilage de maïs plante entière en fonction du stade de coupe (tableau 7). Cette valeur est passée de 0,65 UF en moyenne à 0,88 UF du stade floraison-fin floraison au stade pâteux dur. ANDRIEU et al. (1988) ont trouvé des résultats similaires.

5. Production de matière sèche

La production en matière sèche à l'hectare a augmenté avec le stade de maturité d'une manière significative ($P < 0,05$; tableau 8). Elle a enregistré un accroissement de 31,0% en 10 jours (de S1 à S2) et de 56,3% en 23 jours (de S1 à S3).

| | S1 | | S2 | | S3 | | Moyenne | |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|--------|
| | MV | MS | MV | MS | MV | MS | MV | MS |
| Grombalia | 154,3 | 25,5 | 165,1 | 35,2 | 134,4 | 40,1 | 151,3 | 33,6a |
| Menzel Bouzelfa | 78,8 | 17,7 | 73,4 | 20,9 | 85,5 | 31,4 | 79,2 | 23,3c |
| Lignée 33 | 74,6 | 16,6 | 80,9 | 21,8 | 53,2 | 23,4 | 69,6 | 20,6d |
| Lignée 60 | 69,0 | 15,8 | 72,4 | 22,5 | 63,0 | 24,8 | 68,1 | 21,0d |
| FR-632 | 38,1 | 9,5 | 44,2 | 12,1 | 41,1 | 16,0 | 41,1 | 12,5e |
| FR-MO17 | 40,1 | 8,3 | 51,4 | 11,7 | 42,9 | 14,2 | 44,8 | 11,4e |
| TMP-1 | 62,5 | 18,0 | 61,8 | 23,0 | 48,5 | 22,7 | 57,6 | 21,2d |
| TMP-2 | 94,5 | 20,7 | 100,3 | 27,5 | 70,9 | 31,8 | 88,6 | 26,7bc |
| K-Yildizi | 98,6 | 20,3 | 101,4 | 26,2 | 77,9 | 29,7 | 92,6 | 25,4bc |
| TTM-813 | 88,8 | 21,6 | 91,9 | 27,3 | 81,2 | 37,8 | 87,3 | 28,9b |
| Moyenne | 79,9 | 17,4c | 84,3 | 22,8b | 69,9 | 27,2a | 78,0 | 22,5 |

TABLEAU 8 : Production (t/ha) de matière sèche (MS) et matière verte (MV) en fonction du stade de coupe (les moyennes par géotype ou par stade accompagnées de lettres différentes sont statistiquement différentes : $P < 0,05$).

TABLE 8 : Dry matter (MS, t/ha) and fresh matter (MV, t/ha) yields for various cutting stages (mean values per genotype or per cutting stage followed by different letters are statistically different : $P < 0,05$).

L'étude comparative des productions de matière sèche des différents géotypes montre que Grombalia arrive à la première place ($P < 0,05$) avec une production moyenne de 33,6 t/ha, suivi par TTM-813 (28,9 t/ha) qui vient à la tête d'un groupe de trois géotypes (TMP-2, K-Yildizi). Les autres géotypes locaux

(en particulier Menzel Bouzelfa) ne diffèrent pas significativement des hybrides TMP-1 et K-Yildizi ($P > 0,05$), et les productions de la lignée 60 et de la lignée 33 sont équivalentes à celle de l'hybride TMP-1. Les génotypes FR-632 et FR-MO 17 (non significativement différents entre eux, ($P > 0,05$)) présentent les productions les plus faibles.

Conclusion

En moyenne, les productions de matière sèche des différents génotypes de maïs étudiés ont varié de 11,4 à 33,6 t/ha. Les maïs les plus tardifs ont permis les productions les plus élevées (Grombalia, TTM-813, K-Yildizi et TMP-2). La production moyenne de l'essai est de l'ordre de 22,5 t MS/ha. Pour ce paramètre, le classement général montre que les génotypes tunisiens ont des performances qui dépassent dans certains cas celles des génotypes étrangers améliorés, bien que les premiers n'aient subi que des améliorations très limitées.

Pour la teneur en énergie, la lignée 60 occupe la 2^e place, au même titre que les lignées FR-632 et FR-MO 17 et les hybrides TMP-2 et TTM 813. Les génotypes Menzel Bouzelfa et la lignée 33, dont la teneur n'est pas significativement différente de celle de l'hybride K-Yildizi, sont classés en 3^e position. Quant à Grombalia, il occupe la dernière place. Quoique, là aussi, la place du matériel local soit intéressante, certains génotypes nécessitent d'être encore améliorés.

Pour la digestibilité de la matière organique, et vraisemblablement à cause de sa teneur élevée en cellulose brute, le matériel local (à part la lignée 60) donne un ensilage significativement moins digestible que celui des autres génotypes (hormis l'ensilage de K-Yildizi dont la DMO n'est pas significativement différente de celles de la lignée 33 et de Menzel Bouzelfa). Ces trois derniers génotypes sont classés avant-derniers ou derniers comme Grombalia.

Les productions que nous présentons sont obtenues à l'échelle expérimentale (petites parcelles, soins apportés considérables, % de pieds manquants très faible, récolte manuelle et donc avec des pertes très limitées, etc...). Si les agriculteurs ou les fermes d'Etat parviennent à réaliser en irriguant 50% des productions que nous avons obtenues (compte tenu des conditions dans lesquelles ils travaillent : grandes surfaces, récolte mécanique, pertes parfois considérables), ils produiraient entre 10 et 12 t MS/ha en l'espace de 4 mois. Cette quantité reste de loin supérieure à celle qu'ils auraient obtenue en semant l'avoine ou le triticale (surtout lorsqu'on considère la durée d'occupation du terrain par chacune de ces cultures). En sec et à fumures égales, les productions de l'avoine (Avon) et du triticale (FRAJ, résultats non publiés), semés respectivement aux doses de 120 kg et 130 kg/ha, sont de l'ordre de 6,3 t MS/ha pour la première espèce et de 9,5 t pour la deuxième. Dans le cas du maïs, il est très normal d'envisager deux cultures par an et par hectare, chose

presque impossible avec les autres céréales. Ainsi, pour améliorer nos productions en viande et en lait et réduire la dépendance de la Tunisie vis-à-vis de l'extérieur, il semble impératif de penser à la diversification de nos cultures fourragères en introduisant la culture du maïs qui a la capacité de fournir une masse importante d'ensilage d'une bonne valeur énergétique et d'une qualité excellente. Cet ensilage pourrait être ainsi utilisé pendant les périodes critiques de l'année (été, automne et hiver).

Les différentes analyses faites dans le cadre de cette étude ont permis de remarquer les aspects suivants :

— 1) Bien que le matériel local ait montré de bonnes performances (productions en matière sèche et teneur en énergie), il reste en retard par rapport au matériel étranger (digestibilité, teneur en cellulose brute et rapport épi/plante). De ce fait, l'attention est attirée pour qu'un effort supplémentaire d'amélioration soit fourni afin de mieux connaître les potentialités prometteuses de ce matériel et optimiser son utilisation future.

— 2) Après la floraison, les quantités de matière sèche et d'UF produites à l'hectare augmentent régulièrement jusqu'au stade pâteux dur. En effet, une augmentation de la production en matière sèche de 31 % a été enregistrée en l'espace de 10 jours (du stade floraison-fin floraison au stade laiteux) et de 55 % au stade pâteux dur (23 jours après le stade floraison-fin floraison).

— 3) Ainsi, l'exploitation en vert du maïs destiné à l'ensilage ne devrait pas se situer avant le stade pâteux dur afin de mieux optimiser la culture (plante plus riche en énergie et production de matière sèche maximale).

— 4) La digestibilité de la matière organique du maïs récolté au stade pré-laiteux se situe à environ 66 %, ce qui est significativement plus faible que celle du maïs récolté entre le stade laiteux et le stade pâteux dur pour lesquels elle est restée pratiquement constante (en moyenne de 76 %).

— 5) La valeur énergétique du maïs fourrage varie peu du stade laiteux au stade pâteux dur. De ce fait, nous pensons que son exploitation au stade pâteux dur permet d'avoir une ration de meilleure qualité. Cependant, il faut noter que le déficit de l'ensilage de maïs plante entière en matières minérales et azotées est très marqué et que sa complémentation en ces éléments lors de son utilisation est impérative.

Accepté pour publication, le 11 mars 1993

Remerciements

Les auteurs saluent la coopération avec le CIMMYT qu'ils qualifient d'exemplaire et remercient vivement Mme ZAIEM J. et M. BEJAOUI M. pour avoir aimablement assuré la frappe de cet article.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABDOULI H., FRAJ J.M., KRAIEM K. (1991) : "Prévision des digestibilités de la matière organique et des matières azotées des ensilages et des foins de vesce-avoine", *Options Méditerranéennes*, n°16, 129-131.
- ABDOULI H., KRAIEM K. (1989) : "Valeur fourragère et teneur en matières azotées totales de l'association vesce-avoine en présence de mauvaises herbes", *Revue de l'INAT*, Vol. 3, n°2, 29-44.
- ANDRIEU J., DEMARQUILLY C. (1974) : "Composition chimique, digestibilité et ingestibilité du maïs mâle stérile, sur pied et après ensilage", *Ann. Zootech.*, (23), 4, 413-434.
- ANDRIEU J., DEMARQUILLY C., SAUVANT D. (1988) : "Tables de la valeur nutritive des aliments", *Alimentation des bovins, ovins et caprins*, INRA éd., 356-443.
- BLOC D. (1971) : "Etude de l'évolution de la teneur en matière sèche de deux variétés de maïs", *Fourrages*, 46, 75-88.
- COLOVOS N.F., HOLTER J.B., KOES R.M., URBAN W.E., DAVIS H.A. (1970) : "Digestibility nutritive value and intake of ensiled corn plant (*Zea mays* L.) in cattle and sheep", *J. Animal Sci.*, 30, 819.
- COTYN B.G., BOUCQUE C.V., AERTS J.V., BUYSSE F.X. (1974) : "Digestibilité et valeur alimentaire de l'ensilage de maïs", *Revue de l'Agriculture*, 2, 253-267.
- DEMARQUILLY C. (1969) : "Valeur alimentaire du maïs fourrage", *Ann. Zoot.*, 18, p.17.
- FRAJ M., JOUHRI A. (1984) : *Note technique sur la culture du maïs*, INRAT (Tunisie), 10 p.
- GOERING H., VAN SOEST P.J. (1970) : "Forage fiber analyses", *Agriculture handbook n° 379*, Agricultural Research Service, U.S.D.A.
- JOHNSON R.R., McCLUE K.E. (1968) : "Corn plant maturity. IV Effects on digestibility of corn silage in sheep", *J. Al.*, 27, 535-540.
- Ministère de l'Agriculture (1986) : *Evaluation rétrospective des réalisations du VIème Plan (1982/1986)*.
- Ministère de l'Agriculture (1990) : *VIIIème Plan (1992-1996), Secteur de l'Elevage, Etude rétrospective préliminaire du VIIème Plan (1987-1991)*.
- SEMADANI A. (1976) : *La culture des plantes fourragères dans les régions méditerranéennes occidentales, Cahier des Recherches Agronomiques*, Laboratoire de Production Fourragère I.N.A.T. (Tunisie), 9 p.

TILLEY J.M., TERRY R.A. (1963) : "A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops", *J. Br. Grassland Soc.*, 18, 104-111.

THERIEZ M. (1969) : "Valeur alimentaire des fourrages tunisiens, *Bull. Faculté d'Agronomie*, n° 22, p. 23.

RÉSUMÉ

Au cours de cet essai, l'effet du stade de coupe (de la floraison au stade grain pâteux dur) sur la production (MS, UF) et la valeur alimentaire (digestibilité, MAT, teneur en cellulose et en MS...) a été étudié sur dix génotypes différents (populations améliorées locales, lignées et hybrides d'origines diverses) de maïs en situation irriguée.

Entre les stades observés, la teneur en MS augmente régulièrement, alors que la teneur en cellulose brute diminue (en moyenne 24,7% au stade floraison-fin floraison, 20,3% au stade grain laiteux et 17,9% au stade pâteux dur). La digestibilité de la matière organique de la plante entière passe de 66% au stade floraison-fin floraison à 76% au stade pâteux dur. A partir du stade laiteux, la valeur énergétique (0,85 UF/kg MS en moyenne) devient constante. La variabilité est importante entre les génotypes : de 0,66 UF/kg MS pour la population Grombalia à 0,88 UF/kg MS pour l'hybride TMP-1.

Les quantités récoltées à l'hectare ont augmenté durant les quatre semaines après la floraison ; ainsi, l'exploitation en vert du maïs destiné à l'ensilage ne devrait pas se situer avant la troisième semaine après la floraison (la plante est alors plus riche en matière sèche et en énergie).

SUMMARY

Yield and feeding value of whole-plant maize silage in Tunisia

The effect of the cutting stage, from flowering to the hard doughy stage, on the yield (dry matter, Feed Units) and the feeding value (digestibility, crude protein, crude fibre, dry matter contents) was observed on ten different genotypes of maize (improved local populations, lines and hybrids of various origins), grown for silage under irrigation.

Crude fibre is decreasing during ripening (average values : 24.7% at flowering-end of flowering ; 20.3% at the milky stage ; 17.9% at the hard doughy stage). The digestibility of organic matter of whole plants is 66% at flowering-end of flowering, and 76% at the hard doughy stage. From the milky stage onwards, the energy value remains constant (0,85 F.U. per kg DM on an average). There are great differences between genotypes : the energy values vary between 0,66 F.U. per kg DM in the Grombalia population and 0.88 F.U. for the TMP-1 hybrid.

There is an increase in total yield in the four weeks following flowering ; maize for silage should therefore not be cut until the third week after flowering (the plants are then richer in dry matter and energy).